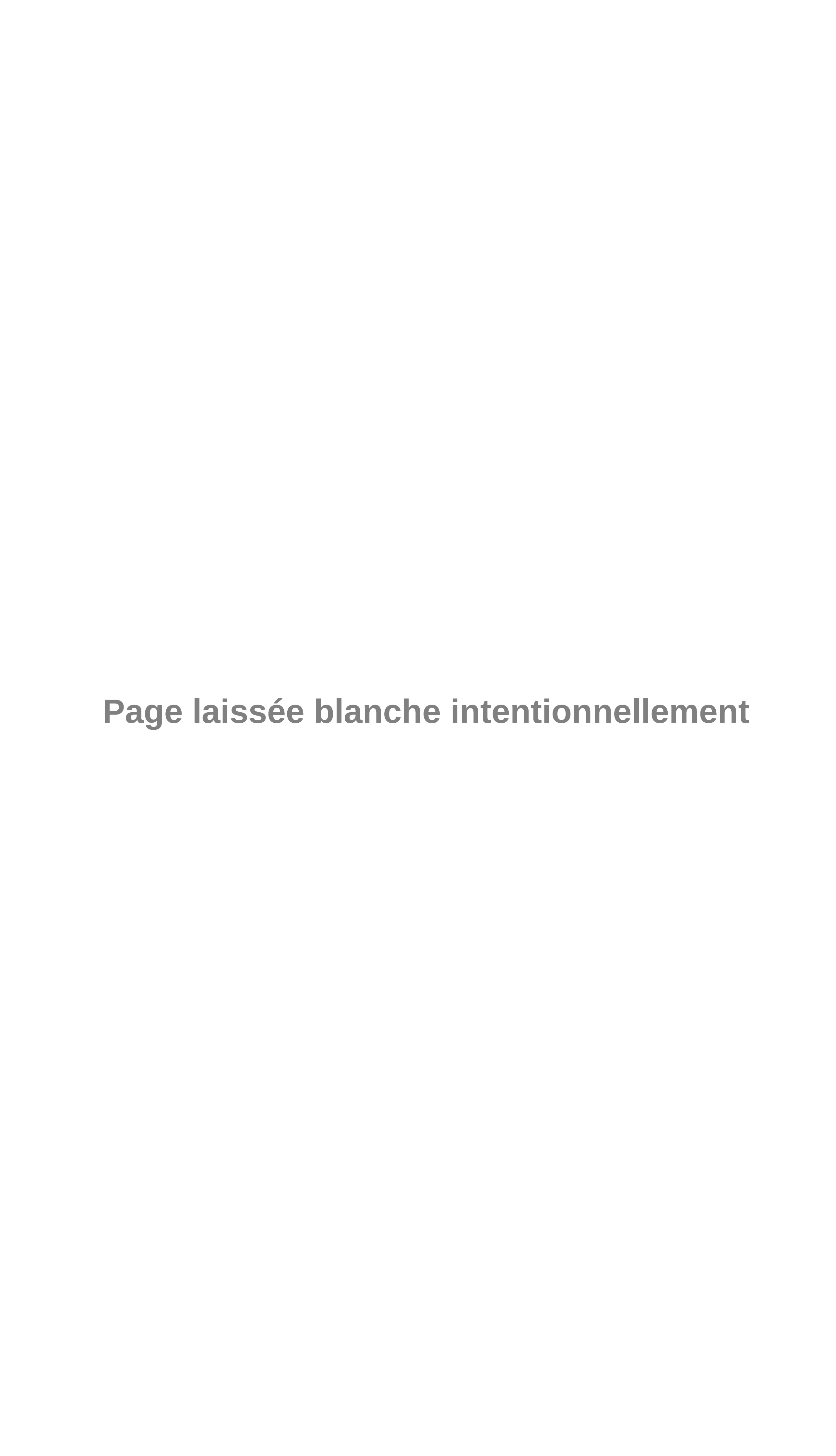
MINISTERE DES TRANSPORTS
DIRECTION DES ROUTES

CLAUSES TECHNIQUES COURANTES CONCERNANT LES BUSES METALLIQUES



Page laissée blanche intentionnellement

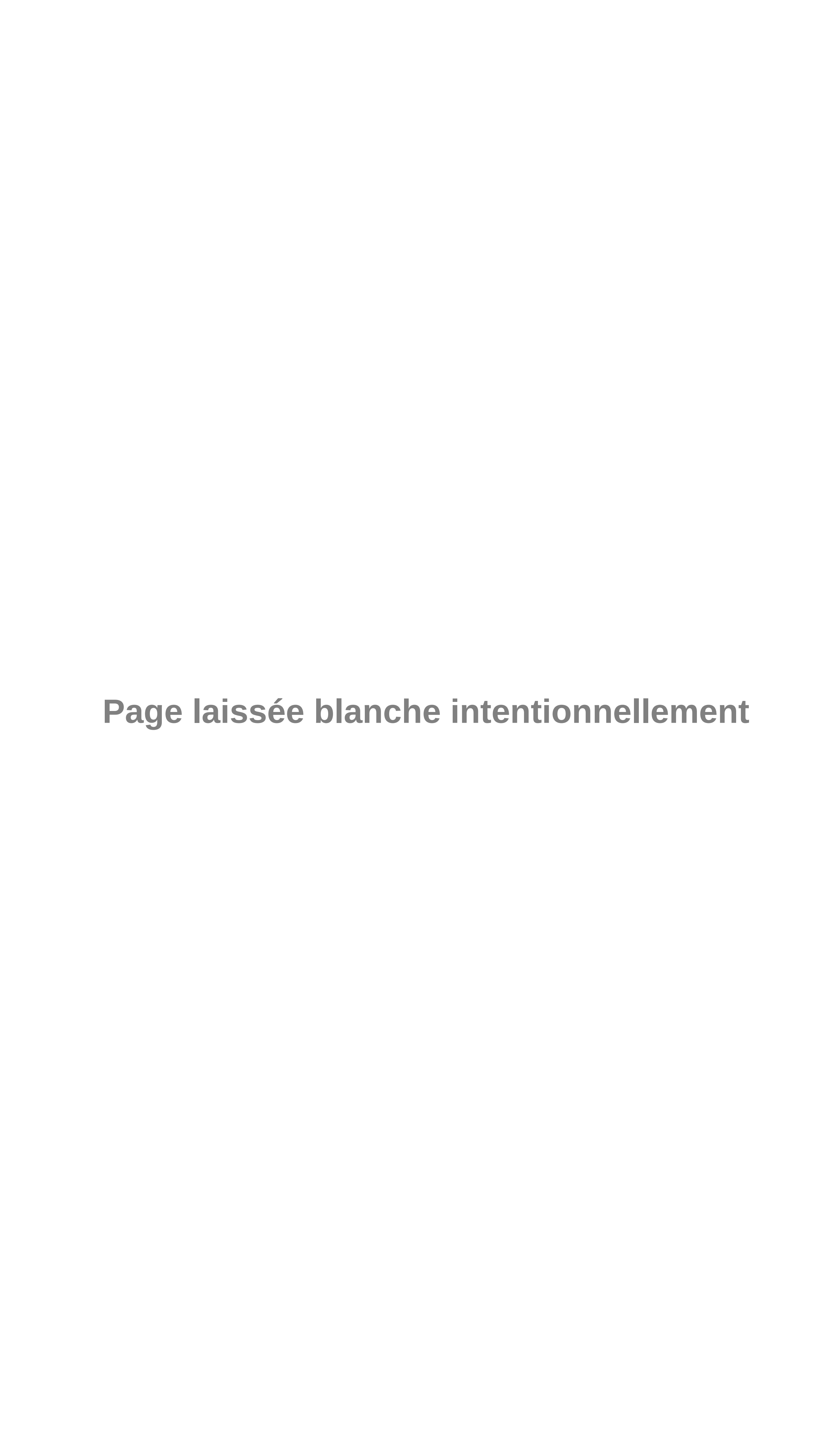
MINISTERE DES TRANSPORTS
DIRECTION DES ROUTES

244, Bd. Saint - Germain - 75775 PARIS - CEDEX 16 -

CLAUSES TECHNIQUES COURANTES CONCERNANT LES BUSES METALLIQUES

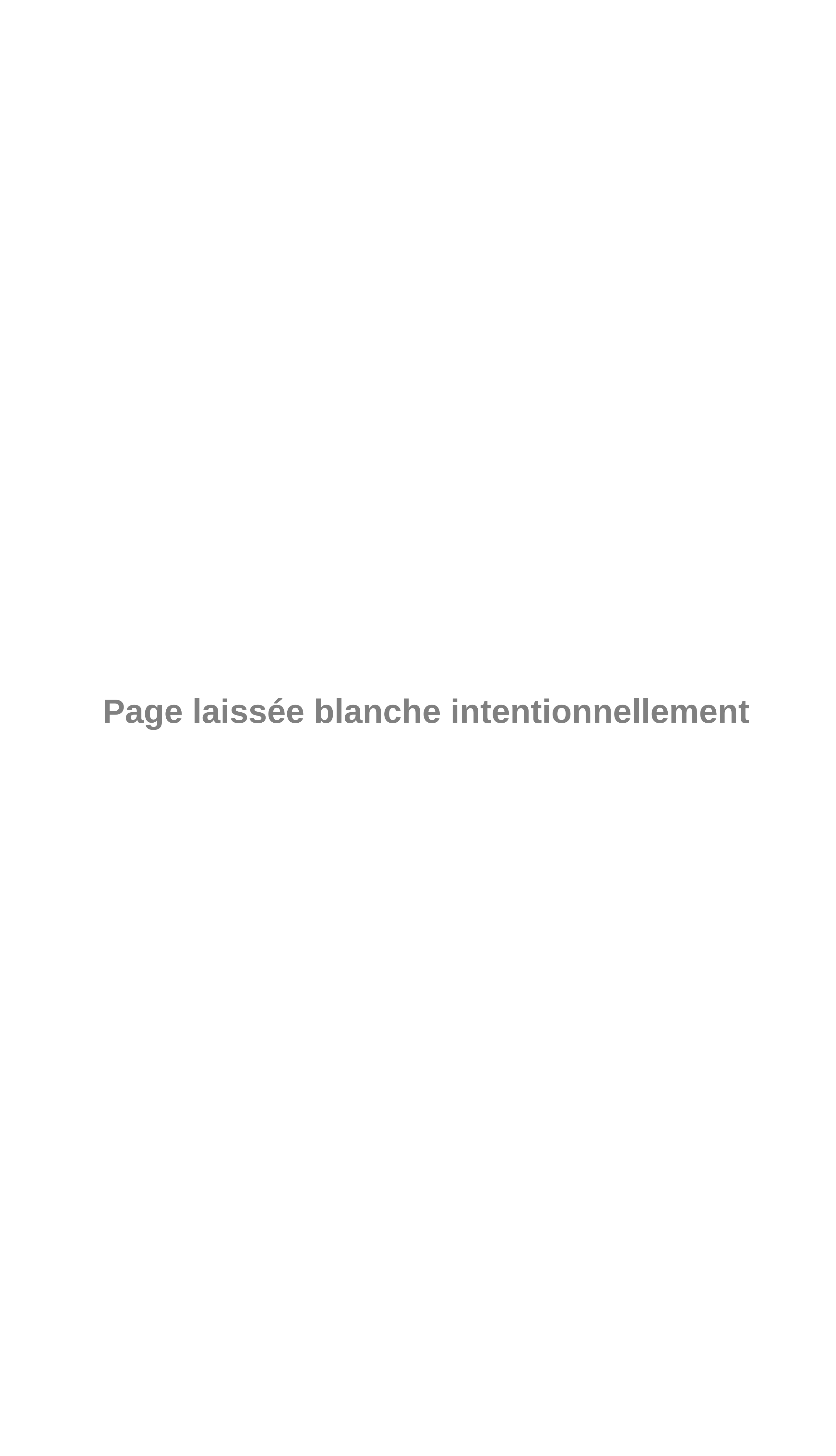
Novembre 1982

Document réalisé et diffusé par le Département des Ouvrages d'Art du SETRA
46, avenue Aristide Briand 92223 BAGNEUX - Tél 664-14-77



Page laissée blanche intentionnellement

SOMMAIRE



Page laissée blanche intentionnellement

PREAMBULE

1) BUT DU DOCUMENT

Le présent recueil rassemble les clauses techniques les plus courantes que peuvent être amenés à utiliser les maîtres d'oeuvre dans leurs marchés de buses métalliques. Son principal objet est d'alléger la rédaction du Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP), en réservant à ce dernier la définition des clauses réellement spécifiques à l'ouvrage ou au lot d'ouvrages concerné. En particulier, dans cet esprit, les ouvrages annexes (radiers, murs de tête, parafouilles, etc.) n'ont pas été considérés et il appartient donc au CCTP de définir si besoin est l'ensemble des clauses les concernant.

Ce recueil doit être considéré comme un complément au document SETRA-LCPC "BUSES MÉTALLIQUES Recommandations et règles de l'art", paru en septembre 1981, auquel il fait largement référence, et dont la lecture préalable est donc indispensable. Ce document, souvent cité dans les commentaires du présent recueil sera désigné sous le terme RECOMMANDATIONS.

2) MODE D'EMPLOI

L'utilisation normale du présent document est la suivante:

- on le rendra contractuel en le visant dans le Cahier des Clauses Administratives Particulières (CCAP) (Article 2,a du CCAP-type);

- on donnera dans le CCTP la liste des matériels utilisables a priori et on joindra à ce dernier, sous forme d'annexe, une copie des fiches techniques relatives à ces matériels (Annexe 1 des RECOMMANDATIONS ou compléments et mises à jour que le SETRA pourrait diffuser ultérieurement);

- pour chaque ouvrage, le CCTP donnera par ailleurs toutes les indications nécessaires au dimensionnement en précisant sa nature (ordinaire ou de grande importance), sa destination (hors d'eau ou en eau douce), sa visitabilité et le degré d'agressivité de l'atmosphère (teneur en SO_2 estimée);

- le cas échéant, le CCTP pourra annuler certains des articles ci-après s'ils sont sans objet ou en contradiction avec les clauses souhaitées, cependant ce cas devrait rester rare dans la pratique, leur rédaction étant suffisamment générale pour pouvoir s'adapter, une fois complétée par le CCTP, à la grande majorité des cas.

L'attention est par ailleurs attirée sur le fait que le présent document ne constitue pas un CCTP-type, sa bonne utilisation requiert donc qu'il soit attentivement complété au niveau du CCTP par toutes les clauses nécessaires. En particulier, en ce qui concerne le choix des matériaux de remblai et le contrôle de leur compactage, la diversité des solutions envisageables n'a permis que la rédaction de clauses très générales, qui se révèleront la plupart du temps insuffisantes à elles seules.

Dans le même esprit, il est vivement conseillé aux maîtres d'oeuvre de ne pas s'écarter des règles de conception courante définies dans le document de RECOMMANDATIONS sans raison impérieuse et sans s'être assurés que les clauses définies ci-après restent applicables.

3) AVERTISSEMENT

Le présent recueil est entièrement compatible avec le document de RECOMMANDATIONS de septembre 1981 ainsi que sa mise à jour n°1 de juillet 1982; il faut toutefois noter que, pour tenir compte des possibilités industrielles du procédé de galvanisation en continu, la masse moyenne de zinc a été réduite de 725 à 700 g/m² double face (article 2.12,c) le minimum en tout point restant néanmoins fixé à 640 g/m².

CHAPITRE 1

ARTICLE 1 - DOMAINE D'APPLICATION (*)

Les clauses du présent recueil ne sont pas applicables(**):

- si les matériels proposés ne sont pas explicitement admis par le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP):
- lorsqu'elles se trouvent modifiées ou annulées par ce dernier.

* *Les commentaires n'ont aucun caractère contractuel: ils ont pour objet de faciliter la rédaction des différentes pièces du marché (CCTP, CCAP) et de préciser certaines correspondances entre elles.*

** *Voir § 2 du PRÉAMBULE*

CHAPITRE 2 - Spécifications des matériaux et des produits

ARTICLE 2 - PROVENANCE ET QUALITES DES MATERIAUX CONSTITUTIFS DES BUSES METALLIQUES

2.1 - TOLES ET BOULONS

2.11 - Provenance

Les produits et matériaux utilisés proviendront d'un fournisseur préalablement agréé par le maître d'oeuvre.

2.12 - Qualités

a) Tôles

Les tôles seront en acier au carbone, de construction d'usage général, conformes à la norme NF A 35-501. Elles sont formées à froid pour créer leurs ondulations et leur forme cintrée.

Les aciers seront de nuance E 24(*). Il est exigé d'utiliser des aciers dits "aptes à la galvanisation", dont la teneur en silicium est inférieure à 0,04%.

Les tolérances sur l'épaisseur nominale de l'acier doivent être conformes à la norme NF A 46-501, les tolérances sur les autres caractéristiques géométriques(**) sont fixées par le maître d'oeuvre sur proposition du fournisseur.

* *La seule nuance actuellement utilisée par les fournisseurs français est la nuance E 24 qualité 2.*

** *Il s'agit en particulier:*

- *de l'amplitude et la hauteur des ondulations,*
- *du rayon de cintrage,*
- *du diamètre de perçage des trous pour le passage des boulons et de leur position par rapport à l'onde.*

b) Boulons

Les boulons seront en aciers au carbone ou alliés, aptes aux déformations à froid et aux traitements thermiques, conformes soit à la norme NF A 35-556 concernant les boulons HR destinés à l'exécution des construc-

tions métalliques, soit à la norme NF A 35-557 concernant les boulons à hautes performances destinés à la construction mécanique.

Il est exigé d'utiliser des boulons dont les caractéristiques mécaniques correspondent à la classe h.r. 8.8 ou h.r. 10.9 de la norme NF E 27-701.

Les caractéristiques géométriques des boulons doivent être compatibles avec celles des tôles et leurs tolérances conformes à la norme NF E 27-024.

c) Revêtement métallique (galvanisation)

Les tôles seront protégées par un revêtement de galvanisation, qui pourra être obtenu soit au trempé de la tôle déjà mise en forme dans un bain de zinc fondu, soit en continu dans le cas des tôles peu épaisses non encore ondulées ni cintrées.

La qualité du revêtement galvanisé au trempé est spécifiée par la norme NF A 91-121 et celle des tôles galvanisées en continu spécifiée par la norme NF A 36-321.

La masse moyenne de zinc déposée doit être au moins de 700 g/m^2 double-face, la masse en tout point devant dépasser 640 g/m^2.

Les boulons sont protégés par un revêtement de zinc dont les caractéristiques sont au moins égales à celles de la classe de qualité 10-20 microns définie par la norme française NF E 27-016.

2.13 - Contrôles(*)

a) Contrôle de la qualité de l'acier des tôles

A la livraison des tôles sur le chantier, l'entrepreneur fournira au maître d'oeuvre le relevé de contrôle visé à l'article 5.3.1.2.2 de la norme NF A 03-115.

b) Contrôle de la qualité des boulons

Les boulons seront livrés sur le chantier avec le relevé de contrôle visé à l'article 5.3.1.2.2 de la norme NF E 27-703.

c) Contrôle de la qualité du revêtement métallique des tôles

- Adhérence

Il sera effectué cinq essais d'adhérence suivant le mode opératoire n°5 de l'annexe 2.

Pour chacun de ces essais se révélant défectueux, il sera effectué une nouvelle série de cinq essais.

L'adhérence sera jugée satisfaisante si moins de 10% du total des essais ainsi effectués conduisent à un résultat défavorable.

L'entrepreneur devra reconstituer la protection anticorrosion des zones testées avec deux couches de peinture riche en zinc, d'épaisseur totale au moins égale à 100 microns. La peinture utilisée (liant époxydique ou silicate) devra comporter au moins 92% de zinc métal dans l'extrait sec et sera appliquée sur un support exempt de toute trace de poussière et d'oxydation.

- Masse de zinc

Lorsque le CCTP le prévoit, il sera procédé à un contrôle destructif de la masse de zinc conforme aux spécifications ci-après(**).

Ces essais seront effectués sur des plaques désignées par le maître d'oeuvre lors de la livraison du matériel.

Sur chacune des plaques prélevées, il sera procédé à un essai destructif par dissolution chimique suivant les normes NF A 91-121 ou NF A 36-321, en découpant trois éprouvettes, ou plusieurs groupes de trois éprouvettes(***), d'une section unitaire d'au moins 30 cm^2.

La moyenne des mesures devra être, pour chaque groupe de trois éprouvettes, supérieure ou égale à la masse moyenne spécifiée à l'article 2.12,c ci-dessus, les mesures individuelles devant donner des résultats supérieurs à la masse minimale fixée par ce même article.

* *Il est rappelé que les modalités générales des contrôles sont régies par l'article 24 du Cahier des Clauses Administratives Générales (CCAG). Le CCAP (Articles 6-3 et 9-11 du CCAP-type) doit normalement préciser le ou les organismes qui en seront chargés.*

** *Lorsque le CCTP prévoit un tel contrôle, il devra préciser le nombre et la nature des plaques (sommet, coins, radier) qui seront prélevées à cet effet. Cette précision est indispensable, d'une part pour permettre la fabrication en supplément desdites plaques, d'autre part du fait qu'en vertu de l'article 24.4 du CCAG leur fourniture est à la charge de l'entrepreneur. Le nombre de plaques prélevées dépend de l'importance du marché, mais ne doit pas être excéssif, l'ordre de grandeur étant une plaque ou moins par ouvrage. Par exemple, dans le cas fréquent où il existe plusieurs ouvrages identiques, on pourra prélever une plaque de chaque sorte (radier, coins, sommet) pour l'ensemble du lot. Lorsque l'importance de l'ouvrage ne justifie pas un tel contrôle, le CCTP pourra prévoir un contrôle non destructif du type électromagnétique, mais en cas de désaccord entre les parties, seul un essai destructif permettra de conclure.*

*** *Dans le cas général, le nombre de groupes d'éprouvettes à découper et à analyser doit être précisé par le CCTP. Lorsque, par dérogation à l'article 24.3 du CCAG, le CCAP prévoit que ces contrôles sont à la charge du maître d'oeuvre, une telle précision n'est par contre pas nécessaire.*

2.2 - DISPOSITIFS DE RAIDISSEMENT DES EXTREMITES

S'il est prévu des dispositifs de raidissement des extrémités des ouvrages, ils devront provenir du même fournisseur que les éléments de buse métallique et être galvanisés dans des conditions au moins équivalentes à celles définies à l'article 2.12,c ci-dessus.

Ces dispositifs devront faire l'objet de propositions de l'entrepreneur soumises à l'acceptation du maître d'oeuvre.

2.3 - DISPOSITIFS D'ANCRAGE AUX OUVRAGES D'EXTREMITE

Les dispositions de l'article 2.2 ci-dessus s'appliquent également aux dispositifs d'ancrage du bord libre de la coupe à un ouvrage d'extrémité lorsque ceux-ci sont prévus.

2.4 - ENDUITS DE PROTECTION

2.41 - Provenance

Les enduits de protection éventuels seront soit des brais traditionnels ou des bitumes, soit des brais améliorés aux résines (brai-époxy ou brai-vinylique)(*).

Dans le cas d'utilisation des brais améliorés aux résines le choix des brais-époxyde (ou brais-vinyl) sera fait parmi les produits entrant dans la composition de systèmes agréés par la commission d'agrément des peintures pour la protection anticorrosion des ouvrages métalliques (circulaire en vigueur au jour de la proposition). Il s'agit en particulier des ambiances 2, 3, ED et ES de cette circulaire pour lesquelles on rencontre ces types de produits.

* *Les natures et qualités des produits à utiliser devront être précisées par le CCTP. Le paragraphe 5.4.2.2 des RECOMMANDATIONS donne des indications sur le choix des produits, les critères d'appréciation étant le degré de protection recherché et le prix, très variable suivant les produits.*

2.42 - Qualités(*)

Quels que soient les produits utilisés, leur épaisseur sèche doit être supérieure ou égale à 250 microns en moyenne, avec un minimum de 200 microns en tout point.

L'entrepreneur communiquera au maître d'oeuvre:

- la définition exacte des produits de protection: nature, nombre de couches, épaisseur de chaque couche, mode d'application, conditions d'application (température, hygrométrie);
- les fiches d'agrément ou les fiches techniques pour chaque nature de produit;
- toute spécification particulière concernant les produits prévus.

* *Il est souhaitable que le marché exige une garantie particulière vis-à-vis des enduits de protection ou des peintures (article 9-6.2 du CCAP-type) lorsque ceux-ci sont visitables après mise en service de l'ouvrage.*

2.43 - Contrôles

a) contrôle des épaisseurs(*)

* *Il n'existe pas à l'heure actuelle de méthode non destructive donnant directement l'épaisseur d'un feuil de peinture déposé sur un support en acier galvanisé. Le CCTP pourra cependant prévoir un tel contrôle dans les conditions suivantes:*

. mesure de l'épaisseur totale des produits non ferro-magnétiques à l'aide d'une jauge à flux magnétique (norme NF T 30-124),

. obtention de l'épaisseur du feuil par soustraction à la mesure précédente de l'épaisseur estimée (ou mesurée) de la galvanisation.

En cas de désaccord, seule une mesure destructive peut permettre de conclure (normes NF T 30-121 à 30-123).

b) contrôle de continuité

Aux endroits désignés par le maître d'oeuvre, il sera procédé à un contrôle de continuité du revêtement à l'aide d'un peigne électrique dans les conditions fixées par la norme NF E 86-901. Les zones présentant des défauts devront faire l'objet d'un complément de protection puis d'un nouveau contrôle.

ARTICLE 3 - MATERIAUX CONSTITUTIFS DE LA FONDATION ET DES REMBLAIS TECHNIQUES DES BUSES METALLIQUES

3.1 - PROVENANCE

Lorsque la provenance des matériaux utilisés n'est pas fixée par le marché, elle devra être soumise à l'agrément du maître d'oeuvre(*).

* *Les délais doivent être précisés par le CCAP (article 8-1 du CCAP-type.*

3.2 - QUALITES

Lorsque les matériaux à utiliser ne sont pas fixés par le marché, la nature de chacun d'entre-eux devra être soumise à l'acceptation du maître d'oeuvre, accompagnée de ses caractéristiques d'identification, des courbes Proctor Normal du matériau, ainsi que des résultats de tous les essais nécessaires à montrer que les prescriptions définies en 3.22 ci-dessous sont respectées (*). L'ensemble de ces pièces devra être établi par un organisme préalablement agréé par le maître d'oeuvre.

* *Voir commentaire (*) ci-dessus.*

3.21 - Caractéristiques géotechniques

En l'absence de prescription particulière du CCTP, les matériaux utilisés pour la constitution de l'ensemble des remblais techniques devront être choisis parmi ceux décrits dans le tableau ci-dessous(*).

Classe de sol R.T.R	Caractéristiques d'identification	Exemples	Observations
B_1	D: < 50 mm (1) % < 80 μ_m: compris entre 5 et 12% % > 2 mm: < 30% ES: > 35 (2)	Sables silteux	En l'absence de prescription contraire du CCTP, ces matériaux ne devront pas être employés pour les ouvrages hydrauliques(**).
D_1	D: < 50 mm % < 80 μ_m: < 5% % > 2 mm: < 30%	Sables fins Sables de dune	
B_3	D: < 50 mm % < 80 μ_m: compris entre 5 et 12% % > 2 mm: > 30% ES: > 25	Graves silteuses	
D_2	D: < 50 mm % < 80 μ_m: < 5% % > 2 mm: > 30%	Graves alluvionnaires brutes ou concassées Roches concassées	
D_3	D: compris entre 50 et 250mm % < 80 μ_m: < 5%	Graves alluvionnaires Roches minées ou concassées	Si nécessaire ces matériaux devront subir un écrêtage ou une fragmentation complémentaire pour satisfaire aux exigences concernant la taille maximale des éléments.
CRa	craie dense $\gamma_d \geq 1,7 g/cm^3$ (3)	Craie	

(1) D : dimension maximale des éléments.
(2) ES: équivalent de sable.
(3) γ_d: densité sèche de la craie dans son gisement.

En outre les matériaux utilisés ne devront pas comporter d'éléments de dimension supérieure à:

- 100 mm pour les buses dont la longueur d'ondulation est supérieure à 150 mm,

- 50 mm dans le cas contraire

* *Il ne faut pas en conclure que l'emploi de matériaux moins performants (cf § 5.2.1 des RECOMMANDATIONS) est déconseillé, mais simplement que leurs modalités d'utilisation ne peuvent entrer dans le cadre de clauses générales. Lorsqu'on acceptera l'emploi de tels matériaux, on s'attachera à définir de façon précise dans le CCTP:*

- *les zones où l'emploi de ces matériaux est éventuellement interdit (par exemple anneau, remblais de calage, etc.);*
- *les modalités d'approvisionnement et de mise en oeuvre;*
- *les modalités de contrôle envisagées.*

** *Le CCTP pourra autoriser ce type de matériaux, qui présentent par ailleurs de bonnes caractéristiques mécaniques, si toutes les précautions ont été prises au niveau de la conception pour éviter les risques de "renards" et d'affouillements.*

3.22 - Caractéristiques chimiques et électrochimiques

Les caractéristiques chimiques et électrochimiques des matériaux doivent être conformes aux prescriptions données ci-après(*).

a) résistivité

La résistivité du matériau de remblai, doit être déterminée systématiquement, suivant le mode opératoire n°1 de l'annexe 2. Pour les ouvrages en eau douce, elle est également mesurée en saturant le sol avec l'eau du site.

Elle doit être supérieure à:

- 1000 ohm-centimètre (Ω.cm) pour les ouvrages hors d'eau,
- 3000 ohm-centimètre (Ω.cm) pour les ouvrages en eau douce.

b) activité en ions hydrogène ou "pH"

L'activité en ions hydrogène du sol, également déterminée dans tous les cas, est mesurée conformément à la norme NFT 01013 dans l'eau extraite du mélange sol-eau dans les conditions du mode opératoire n°2 de l'annexe 2.

Sa valeur doit être comprise entre 5 et 10.

c) teneur en sels solubles

Elle est déterminée systématiquement pour les matériaux de remblai dont la résistivité est comprise entre 1000 Ω.cm et 5000 Ω.cm, le maître d'oeuvre pourra cependant exiger sa détermination dans tous les cas(**).

On mesure la concentration en chlorure $[Cl^-]$ selon la norme NFT 90010 et la concentration en sulfate $[SO_4^{--}]$ selon la norme NFT 90009 dans l'eau extraite selon le mode opératoire n°2 de l'annexe 2.

Les valeurs de concentration doivent respecter les conditions suivantes:

- Ouvrages hors d'eau: $[Cl^-] < 200$ mg/kg ; $[SO_4^{--}] < 1000$ mg/kg
- Ouvrages en eau douce: $[Cl^-] < 100$ mg/kg ; $[SO_4^{--}] < 500$ mg/kg

d) teneur en sulfures totaux

La concentration en soufre doit être inférieure à 300 mg/kg pour les ouvrages hors d'eau et 100 mg/kg pour les ouvrages en eau douce.

Elle est déterminée lorsque l'origine du matériau de remblai laisse supposer la présence de sulfures, ou sur demande du maître d'oeuvre(**). La détection qualitative de ces sulfures est effectuée selon le mode opératoire n°3 de l'annexe 2.

e) matières organiques

Les matériaux de remblai utilisés ne doivent pas contenir de matières organiques.

En cas de doute, ou sur demande du maître d'oeuvre(**), on vérifiera que la teneur en matières organiques exprimée en carbone, déterminée suivant le mode opératoire n°4 de l'annexe 2, ne dépasse pas 100 parties par million (p.p.m.).

f) activité biologique

On caractérise la présence de micro-organismes aérobies par la mesure de la "Demande biochimique en oxygène" (DBO) suivant le mode opératoire défini par la norme NFT 90103. La DBO 5 ne doit pas dépasser 20 mg/kg.

Les micro-organismes anaérobies sont déterminés par un comptage spécifique de chaque espèce, effectué selon les procédés reconnus par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). La population en bactéries ne doit pas dépasser 10 par gramme de sol.

L'activité biologique n'est prise en considération que lorsque les résultats des autres critères laissent craindre une telle activité, ou sur demande du maître d'oeuvre(**).

* *On précisera la liste des ouvrages "terrestres hors d'eau" et des ouvrages "exposés aux eaux douces" (cf. § 3.5.2 des RECOMMANDATIONS).*

** *Lorsqu'elles sont jugées nécessaires, ces analyses rentrent dans le cadre de l'article 21.1 du CCAG et sont donc à la charge de l'entrepreneur.*

CHAPITRE 3 - Prescriptions particulières Modalités d'exécution

ARTICLE 4 - PROGRAMME D'EXECUTION DES TRAVAUX (*)

Le programme d'exécution des travaux comprendra notamment les pièces suivantes:

. Une note décrivant les différentes phases d'exécution des ouvrages et la durée prévisionnelle de celles-ci;

. S'il y a lieu, une note récapitulative des dispositions prévues pour assurer l'exécution et le maintien à sec des ouvrages comprenant en particulier:

- les plans des déviations des cours d'eau et des ouvrages provisoires éventuels;
- la description des différentes phases prévues pour ces dispositions et leur correspondance avec les phases d'exécution des différentes natures d'ouvrages;

. Une note décrivant les conditions de réalisation des ouvrages, approuvée par le fournisseur, et précisant en particulier:

- les emplacements des aires de stockage des éléments de buses;
- le mode de montage des buses, en indiquant éventuellement l'importance approximative des parties d'ouvrages préassemblées, et l'aire d'assemblage de celles-ci;
- le mode de maintien ou de raidissement des extrémités des buses en phase provisoire, s'il y a lieu;
- les conditions de réalisation de l'assise des buses, et le mode et les moyens d'approvisionnement de régalage et de compactage des matériaux pour les différentes parties des remblais techniques des ouvrages.

* *Se référer également à l'article 28 du CCAG et 8.1 du CCAP-type.*

ARTICLE 5 - PLANS D'EXECUTION - NOTES DE CALCUL (*)

* *Se référer également aux articles 29 du CCAG et 8-2 du CCAP-type.*

5.1 - PLANS D'EXECUTION

Les plans d'exécution devront préciser notamment:

- la délimitation des différentes parties des remblais techniques (fondation, remblais de calage, anneau, massifs techniques, dôme de couverture).
- s'il y a lieu, la délimitation des différentes parties d'ouvrages comportant des épaisseurs de tôle différentes;
- des vues de détail des éventuels dispositifs provisoires ou définitifs de raidissement des extrémités;
- s'il y a lieu, la description des dispositifs d'ancrage aux ouvrages d'extrémité.
- s'il y a lieu, la description du mode d'assemblage à la boulonnerie de l'ouvrage du treillis soudé des radiers.

5.2 NOTES DE CALCUL

Les calculs justificatifs des ouvrages seront conduits en conformité avec l'annexe 1 du présent document(*).

> * *Le CCTP complètera les indications requises pour l'application du paragraphe 3.22 (ouvrage hors d'eau ou en eau douce) par les précisions suivantes, nécessaires au dimensionnement:*
>
> - *ouvrage ordinaire ou de grande importance,*
> - *ouvrage considéré comme visitable ou non,*
> - *teneur en SO_2 dans l'air supérieure ou non à 0,1 mg/m^3.*

5.3 STABILITE DES EXTREMITES

L'entrepreneur fera établir par le fournisseur une note justifiant les dispositions prévues pour assurer la stabilité des extrémités des ouvrages pendant toutes les phases de construction, ainsi qu'en phase définitive (*)(**).

> * *Se reporter au § 3.2.3 des RECOMMANDATIONS.*
>
> ** *Il est conseillé de prévoir dans le CCAP (article 8-2 du CCAP-type) le visa et non l'approbation de cette note par le maître d'oeuvre.*

ARTICLE 6 - LABORATOIRE DE CHANTIER (*)

> * *Pour les cas simples, comme cela peut être souvent le cas pour les remblais techniques des buses métalliques de petites dimensions, on pourra dispenser l'entrepreneur d'installer un laboratoire de chantier sous réserve que le maître d'oeuvre dispose de moyens suffisants en personnel et en matériel pour effectuer les contrôles nécessaires (se reporter à la Recommandation pour les Terrassements Routiers SETRA-LCPC, fascicule 1, annexe II, article 3.3 et son commentaire).*

ARTICLE 7 - PROTECTION CONTRE LES EAUX

Les ouvrages (y compris leur fondation artificielle éventuelle) seront réalisés à sec(*).

L'entrepreneur procédera à la protection des fouilles et de la plateforme des remblais mis en oeuvre contre les eaux superficielles, et, s'il y a lieu, aux épuisements ou aux rabattements de nappes nécessaires pour evacuer ces eaux et les maintenir à un niveau compatible avec l'avancement et la bonne exécution des travaux.

Les dispositions retenues devront permettre notamment:

- d'assurer la stabilité des ouvrages environnants, des talus et du fond de fouille;
- d'éviter l'endommagement des profils;
- d'éviter la dégradation de la qualité des remblais mis en oeuvre et des matériaux de déblais devant être utilisés en remblais.

Ces dispositions seront soumises à l'acceptation du maître d'oeuvre.

> * *Il est conseillé de ne déroger à cette clause que dans des cas exceptionnels (cf § 6.1.2 des RECOMMANDATIONS). Au niveau de l'appel d'offres, le RPAO doit alors faire obligation à l'entrepreneur d'étayer sa soumission par des propositions détaillées sur les méthodes d'exécution envisagées; au niveau de la*

mise au point du CCTP du marché, on portera une attention particulière à la rédaction des articles correspondants, et on prendra soin d'annuler les articles du présent document qui deviennent sans objet (articles 9 et 11 notamment).

ARTICLE 8 - APPROVISIONNEMENT, STOCKAGE ET MARQUAGE DES ELEMENTS DE BUSE

8.1 - APPROVISIONNEMENT ET STOCKAGE

L'aire de stockage des éléments devra être plane, propre, résistante et facilement accessible aux véhicules et engins de manutention. Il en sera de même, s'il y a lieu, de l'aire de préassemblage.

Les éléments présentant des défectuosités telles que des écaillages du zinc, des soufflures, des piqûres, des pliures ou des amorces de fissures seront rebutés. Sur accord du maître d'oeuvre, certaines déformations mineures consécutives aux manipulations ou au transport pourront toutefois être redréssées au maillet.

8.2 - MARQUAGE

Chaque plaque devra porter une marque indélébile indiquant ou identifiant:

- son origine ou la marque du fabricant,
- l'épaisseur de la tôle,
- son rayon de courbure ou sa position, (sommet, coin, radier) sur le périmètre de la buse.

Lorsque l'ouvrage comprend des plaques de différentes épaisseurs, elles devront comporter un marquage visible de l'intérieur de la buse après montage (marque à la peinture par exemple) permettant une identification facile de l'épaisseur. Ce marquage pourra être effectué sur chantier, à la réception des éléments, lorsqu'il est complémentaire au marquage indiqué ci-dessus.

ARTICLE 9 - PREPARATION ET RECEPTION DU FOND DE FOUILLE

Si la nature ou les qualités des terrains rencontrés diffèrent sensiblement de celles prévues, l'entrepreneur avertira sans délai le maître d'oeuvre et proposera à son acceptation les dispositions nouvelles qu'il compte adopter.

Dans tous les cas, l'entrepreneur avertira le maître d'oeuvre, au moins vingt quatre heures à l'avance (24 h), de la date à laquelle la cote du fond de fouille sera atteinte en vue de procéder à un examen contradictoire de la nature et des qualités des terrains rencontrés.

A l'issue de cet examen, l'entrepreneur procèdera à l'enlèvement ou à la purge de tous les éléments, blocs, poches ou lentilles susceptibles de provoquer des désordres dans l'ouvrage, et au comblement des vides ainsi crées par un matériau de bonnes qualités, compacté si nécessaire pour obtenir des caractéristiques équivalentes à celles du terrain environnant.

La profondeur sur laquelle les poches de sol mou seront curées et les obstacles durs dégagés sera fixée par le maître d'oeuvre sur proposition de l'entrepreneur.

La réception du fond de fouille sera effectuée après que les opérations de purge et de comblement auront été exécutées.

Le maître d'oeuvre pourra exiger qu'il soit procédé au compactage du fond de fouille suivant ses indications.

ARTICLE 10 - MONTAGE DE LA BUSE

10.1 - PLAN DE MONTAGE

L'entrepreneur soumettra au maître d'oeuvre un plan de montage suffisamment détaillé approuvé par le fournisseur, et précisant notamment le sens de progression du montage, l'importance des préassemblages s'il y a lieu et leur ordre de montage, ainsi que le principe d'assemblage des plaques(*).

* *Il est conseillé de prévoir dans le CCAP (clause 8-2.e du CCAP-type) que cette pièce soit soumise au visa du maître d'oeuvre au plus tard une semaine avant le début du montage.*

10.2 - CONTROLE DU SERRAGE DES BOULONS

A l'issue de l'opération de montage de la buse l'entrepreneur procèdera en présence du maître d'oeuvre au contrôle du serrage des boulons à l'aide d'une clé dynamométrique préalablement étalonnée. Il disposera sur place des moyens nécessaires à l'accès et à l'examen de près de toutes les parties de la buse.

Lorsque le matériel utilisé fait l'objet d'une fiche technique annexée au CCTP(*), le couple de serrage des boulons devra être compris dans la fourchette de valeurs donnée dans la fiche technique ou, si le CCTP le précise, dans une fourchette plus resserrée(**). Dans les autres cas, cette fourchette est fixée par le maître d'oeuvre sur proposition du fournisseur.

Le maître d'oeuvre désignera les boulons dont le serrage sera contrôlé(***); leur nombre pourra atteindre deux pour cent (2%) du nombre total de boulons que comprend l'ouvrage, sans être toutefois inférieur à 50.

Si, pour une buse, le couple de serrage d'un des boulons contrôlés sort de la fourchette de valeurs définie ci-dessus, il sera procédé, dans les mêmes conditions, à un nouveau contrôle.

L'entrepreneur procédera à la vérification de tous les boulons de la buse si ce dernier contrôle ne s'avère pas satisfaisant.

* *Voir § 2 du PRÉAMBULE*

** *Dans certains cas, lorsque les tôles comportent un revêtement appliqué en usine, la borne inférieure de la fourchette doit être légèrement remontée pour tenir compte des phénomènes de fluage. Par ailleurs l'attention est attirée sur ce que les prescriptions de cet article visent surtout à éviter les serrages insuffisants; un dépassement <u>modéré</u> et <u>occasionnel</u> du couple de serrage d'un boulon ne prêtant pas à de graves conséquences.*

*** *L'attention du maître d'oeuvre est attirée sur le fait qu'en général la répartition des boulons mal sérrés n'est pas totalement aléatoire, le procédé de montage étant de nature à faciliter les oublis ou les erreurs sur des lignes de boulons appartenant à un même joint.*

10.3 - PROTECTION DES BOULONS

Lorsque les tôles ont reçu en usine un enduit de protection, les boulons devront être pourvus après montage d'une protection équivalente.

10.4 - ETAT DES ELEMENTS CONSTITUTIFS

L'entrepreneur procèdera au démontage et au remplacement ou à la réparation éventuelle de tous les éléments constitutifs des ouvrages qui auraient subi des dégradations de son fait.

10.5 - IMPLANTATION - TOLERANCES

Les tolérances d'implantation de l'ouvrage sont les suivantes:

- en nivellement ± 5 cm
- en plan ± 10 cm

En outre le décrochement aux extrémités des buses entre deux plaques voisines, au droit de leur joint longitudinal commun, ne doit pas excéder 10 mm.

Aucun découpage des éléments approvisionnés ne pourra être entrepris sans l'accord du maître d'oeuvre.

ARTICLE 11 - ENDUITS DE PROTECTION APPLIQUES SUR CHANTIER

11.1 - CONDITIONS D'APPLICATION

L'application des produits sera faite en respectant intégralement les conditions d'emploi précisées:

- soit dans la fiche d'agrément dans le cas de produits entrant dans la composition de systèmes agréés;
- soit dans la fiche technique du fabricant dans les autres cas.

Dans les conditions d'application, il faut inclure:

- le type et la qualité de la préparation de surface avant application;
- le délai entre préparation de surface et application;
- la préparation des produits, en particulier pour les produits à deux composants le respect des proportions du mélange et du temps de mûrissement;
- le mode d'application;
- le respect des conditions d'application (température, hygrométrie) et du mode d'application;
- le respect des temps de séchage de chaque couche et des délais de recouvrement maximaux en particulier pour les produits à deux composants.

11.2 - CONTROLES

a) Contrôle de la préparation de surface

L'application des produits de protection ne sera réalisée qu'après acceptation de la surface par le maître d'oeuvre ou son représentant. Toute surface jugée inapte sera à nouveau préparée.

b) Contrôle de l'application des produits

Le maître d'oeuvre se réserve le droit d'effectuer tous les contrôles visant à vérifier la qualité des produits appliqués. Le contrôle des produits sera fait par prélèvement sur les lots correspondants pour analyse de conformité de produit.

Toutes les différences de résultats constatées après les contrôles par rapport aux exigences du marché conduiront à une reprise des zones en cause soit par application de retouches, soit par application d'une couche supplémentaire.

Toutefois si le délai limite de recouvrement du produit est dépassé il sera exigé le décapage intégral des parties de revêtement en cause afin de reconstituer le système de protection.

ARTICLE 12 - EXECUTION DES REMBLAIS TECHNIQUES DES OUVRAGES

12.1 - FONDATION ARTIFICIELLE

L'assise de la buse sera profilée transversalement en forme de berceau sur une profondeur suffisante, compatible avec les conditions de mise en oeuvre et de compactage des matériaux sous les reins de la buse, de telle sorte qu'aucun creux ni aucune zone de qualités moindres que celles requises ne puisse subsister sous la buse. La finition de cette forme sera exécutée à l'aide d'un gabarit de rigidité suffisante.

Les dispositions que l'entrepreneur compte adopter à cet égard seront soumises à l'acceptation du maître d'oeuvre.

12.2 - REMBLAIS DE CALAGE

Les dispositions que l'entrepreneur compte adopter pour assurer la mise en oeuvre et le compactage des matériaux de remblai sous les reins de la buse, seront soumises à l'acceptation du maître d'oeuvre.

La montée des remblais devra s'effectuer de manière symétrique de part et d'autre de la buse, soit en procédant à la mise en oeuvre des matériaux alternativement d'un côté puis de l'autre, soit en procédant simultanément des deux côtés, de telle sorte que la différence de niveau n'excède jamais vingt centimètres (20 cm).

12.3 - REMBLAIS LATERAUX

L'exécution des remblais latéraux aux ouvrages ne pourra commencer qu'après l'achèvement complet du montage de ceux-ci.

On distinguera les deux zones suivantes:

- la zone intérieure, qui concerne la partie des massifs de butée comprise entre deux plans verticaux situés de part et d'autre de la buse, à une distance mesurée par rapport aux nus extérieurs de la paroi de celle-ci égale au quart de la portée de la buse (D/4) avec un minimum de un mètre (1,0 m);
- la zone extérieure, qui concerne la partie des massifs de butée extérieure à la zone visée ci-dessus.

La limite de séparation de ces deux zones sera matérialisée par un balisage approprié et ce jusqu'à la fin des travaux de remblaiement(*).

Par ailleurs, le stationnement d'engins, quels qu'ils soient, est interdit dans la zone intérieure en dehors des heures de travail.

* *Il n'y aura pas lieu d'exiger ce balisage lorsque des engins lourds ne peuvent pas s'approcher de la paroi de la buse.*

12.31 - Déchargement et régalage des matériaux

Tout apport massif de remblai dans la zone intérieure définie ci-dessus est interdit. Le déchargement des matériaux sera effectué dans la zone extérieure, en rubans si possible, ou en tas dont la hauteur maximale ne devra pas excéder 1,5 m.

Le régalage des matériaux devra s'effectuer par bandes parallèles à l'axe longitudinal de la buse et par couches horizontales régulières n'excédant pas 0,25 m d'épaisseur. Le remblayage en talus est interdit.

Dans la zone intérieure des massifs de butée la circulation des engins à pneus et de tous les engins lourds de chantier est interdite. Le régalage des matériaux ne pourra être effectué qu'à l'aide d'engins légers à chenilles (moins de 10 t) ou manuellement.

Dans la zone annulaire contiguë à la buse d'une épaisseur de 0,50 m environ, le régalage des matériaux devra être effectué manuellement.

La montée des remblais de part et d'autre de la buse se fera de manière symétrique et sur l'ensemble de leur emprise, simultanément des deux côtés ou alternativement d'un côté puis de l'autre, de telle sorte qu'à aucun moment la différence de niveau entre les matériaux mis en oeuvre n'excède 0,25 m.

L'entrepreneur prendra les dispositions nécessaires(*) pour éviter toute stagnation d'eaux pluviales, étant entendu que l'écoulement de ces eaux doit toujours se faire vers l'extérieur et non vers la buse.

* *légères pentes transversales et éventuellement longitudinales, réalisation et entretien d'ouvrages provisoires de drainage, fermeture de la plateforme, etc.*

12.32 - Déroulement du compactage

Le compactage des matériaux devra être effectué par bandes parallèles à l'axe longitudinal de la buse; l'épaisseur des couches à compacter ne devra pas excéder 0,25 m.

Dans la zone annulaire contiguë à la buse, d'une épaisseur égale à la distance comprise entre les nus extérieurs de la buse et les plans verticaux délimitant les deux zones visées ci-dessus, le compactage des matériaux sera effectué au moyen de petits engins, du type plaques vibrantes, ou rouleaux vibrants de petit format dont la charge statique par unité de largeur du rouleau vibrant n'excède pas 10 kg/cm.

L'utilisation de ces petits engins de compactage sera étendue à toutes les parties des massifs de butée situées à moins de deux mètres des extrémités de la buse.

Dans la partie restante des remblais latéraux de butée, le compactage sera réalisé au moyen de rouleaux à pneus dont la charge statique par roue n'excède pas 4 tonnes (limitation aux rouleaux à pneus de la classe P1 de la "Recommandation pour les Terrassements Routiers" figurant en annexe du fascicule 2 du C.C.T.G.), ou au moyen de rouleaux vibrants dont la charge statique par unité de largeur du cylindre vibrant n'excède pas 25 kg/cm (limitation aux rouleaux vibrants de la classe V1 de la R.T.R).

12.4 - DOME DE PROTECTION

Aucun véhicule ni aucun engin de chantier ne devra circuler sur la buse avant qu'elle ne soit recouverte d'une hauteur de remblai suffisante.

Tant que la hauteur du remblai constituant le dôme de protection n'aura pas atteint, à la clé de la buse, la valeur minimale fixée par les justifications en phase de construction pour le passage des engins de terrassement, l'amenée et le régalage du matériau, s'ils sont réalisés mécaniquement, ne pourront être effectués qu'à l'aide d'engins à chenille de petit format et de faible puissance circulant sur le matériau déjà versé.

Le compactage du matériau sera effectué à l'aide de petits engins de compactage, du type rouleaux vibrants de petit format dont la charge statique par unité de largeur du rouleau vibrant n'excède pas 10 kg/cm.

La mise en oeuvre du matériau sur l'ensemble du dôme de protection devra s'effectuer de manière symétrique couche par couche, par exemple en progressant d'une extrémité de la buse vers l'autre.

Toute méthode de construction des remblais de couverture, y compris au-delà du dôme de protection s'il y a lieu, susceptible d'engendrer des efforts de poussée dissymétriques de part et d'autre de la buse, est interdite. En tout état de cause la pente de ces remblais transversalement à la buse ne devra pas excéder quinze pour cent (15%).

12.5 - CONTROLE DU COMPACTAGE

Toutes les parties de remblais techniques des ouvrages seront méthodiquement compactées:

- la densité sèche des remblais en place devra atteindre au moins quatre vingt quinze (95) pour cent de la densité sèche à l'optimum proctor normal lorsque la qualité du compactage sera constatée par la mesure de la densité sèche;

- une compacité équivalente (remblais de qualité courante) devra être obtenue lorsque la qualité du compactage sera constatée indirectement en contrôlant les modalités d'utilisation des engins de compactage et l'épaisseur des couches mises en oeuvre;

- les valeurs minimales du module d'élasticité définies par les justifications des ouvrages développées au 5.2 de l'article 5 ci-dessus devront être obtenues pour les différentes parties des remblais latéraux de butée;

- l'entrepreneur soumettra à l'acceptation du maître d'oeuvre avant l'exécution des remblais techniques des ouvrages les conditions de mise en oeuvre (épaisseur maximale des couches élémentaires) et de compactage qu'il se propose d'adopter en fonction notamment de la partie concernée des remblais, des qualités exigées pour celle-ci après compactage, des matériels utilisés et de la nature et de l'état des matériaux. En tout état de cause l'épaisseur maximale des couches élémentaires ne devra pas excéder les valeurs fixées à l'article 12 ci-dessus.

En l'absence de prescription particulière du CCTP, l'entrepreneur soumettra à l'acceptation du maître d'oeuvre les moyens de contrôle qu'il propose d'utiliser pour constater la qualité du compactage et les valeurs minimales des paramètres mesurables par ces moyens qu'il propose d'atteindre. Ces moyens de contrôle devront être compatibles avec la nature et la granulométrie des matériaux concernés.

S'ils ne permettent pas d'accéder directement aux paramètres sur lesquels portent les exigences, comme cela peut être le cas notamment du module d'élasticité pour les remblais de butée, le maître d'oeuvre pourra exiger de l'entrepreneur qu'il justifie ses propositions, par des planches d'essais si besoin est. A cet égard il est admis d'identifier le module d'élasticité des sols en place au module de deuxième chargement mesuré à la plaque.

ARTICLE 13 - SURVEILLANCE DES DEFORMATIONS DE LA BUSE

13.1 - CONDITIONS GENERALES

L'entrepreneur surveillera les déformations de la buse pendant la mise en oeuvre des remblais techniques et signalera sans délai au maître d'oeuvre toute anomalie constatée.

Les dispositions qu'il compte adopter, s'il y a lieu, pour remédier à ces déformations ou pour éviter qu'elles ne s'amplifient seront soumises à l'acceptation du maître d'oeuvre.

13.2 - MESURE DES DEFORMATIONS

Les prescriptions du présent article sont applicables aux ouvrages suivants(*):

- buses circulaires ou elliptiques à grand axe vertical de portée supérieure à 4 m;

- buses-arches ou passages, arches et buses elliptiques à grand axe horizontal de portée supérieure à 6 m.

L'entrepreneur procèdera à un contrôle des déformations transversales de la buse pendant la mise en oeuvre des remblais: à cet effet il devra établir une note(**) définissant notamment:

- le nombre de sections de contrôle et leur implantation,
- les dimensions qui feront l'objet de mesures et les fourchettes de valeurs à l'intérieur desquelles devront se situer ces dimensions,
- les moyens de mesure qui seront utilisés,
- le programme des mesures en fonction des différentes étapes de construction des ouvrages.

Les conditions de ce contrôle seront les suivantes:

- le nombre minimal de sections de contrôle sera de 3, dont une au centre de la buse et une au voisinage immédiat de chacune de ses extrémités,
- la précision des mesures sera au moins de ± 5 mm,
- il conviendra de procéder à un contrôle des dimensions visées ci-dessus au moins à chacune des étapes suivantes:
  . après montage de la buse et avant tout remblaiement,
  . lorsque les remblais de butée auront atteint la mi-hauteur de la buse,
  . lorsque les remblais de butée auront atteint la clé de la buse,
  . à une étape de remblaiement intermédiaire entre ces deux dernières,
  . lorsque les remblais auront atteint la cote du dôme de protection éventuel.

A l'issue de chacune de ces étapes de réalisation des ouvrages et de mesure des déformations l'entrepreneur fournira au maître d'oeuvre un relevé complet de ces mesures en précisant l'amplitude des déformations enregistrées depuis le début de la mise en oeuvre des remblais de butée et en y joignant éventuellement tout commentaire utile.

Les mesures seront contradictoires si le maître d'oeuvre en fait la demande.

* *Le CCTP pourra sans inconvénient étendre le domaine de validité de cet article à des ouvrages plus petits.*

** *Il est conseillé de prévoir dans le CCAP (clause 8-2.e du CCAP-type) que cette pièce soit soumise au visa du maître d'oeuvre au plus tard une semaine avant le début du montage.*

ARTICLE 14 - TOLERANCES SUR LES VARIATIONS DIMENSIONNELLES

Les mesures nécessaires au contrôle des déformations de la buse porteront notamment sur la flèche (ou plus grand diamètre vertical) de la buse, mesurée entre les deux points de repère matérialisant les axes du sommet et du radier de la buse dans chaque section concernée, et sur le défaut de verticalité entre ces deux points. Ces mesures pourront toutefois être étendues à toute autre dimension significative définie par le maître d'oeuvre.

Après achèvement complet du montage de la buse à son emplacement définitif, l'entrepreneur matérialisera par un trait de peinture indélébile les points de repère nécessaires dans toute section désignée par le maître d'oeuvre.

Il assistera en outre aux mesures.

Ces mesures seront effectuées dans les trois configurations suivantes:

Configuration 1: Après achèvement complet du montage de la buse à son emplacement définitif et avant tout remblaiement ultérieur;

Configuration 2: Après que les remblais techniques de butée aient atteint la clé de la buse et avant tout remblaiement ultérieur;

Configuration 3: Après exécution des remblais généraux de couverture, y compris s'il y a lieu la chaussée portée par ces remblais.

Entre la configuration 1 et la configuration 2, pour chaque section concernée:

- l'augmentation relative de la flèche de la buse, exprimée en pourcentage, ne devra pas excéder la valeur suivante:

$$\frac{\Delta V}{V} (\%) = 0,015 \frac{V}{v_o} \frac{e_{omin}}{e_{oréel}} \qquad (e_{omin} \leqslant e_{oréel})$$

où:

. V désigne la flèche de l'ouvrage exprimée en mètres,

. v_o la distance en mètres de la fibre extrême à l'axe neutre,

. e_{omin} l'épaisseur minimale de la tôle telle qu'elle résulte du calcul exposé au paragraphe 2.1 de l'annexe 1.

. $e_{oréel}$ l'épaisseur nominale réellement retenue dans la section considérée;

- le défaut de verticalité défini par le rapport de la distance entre les axes verticaux passant par les deux points de repère et la flèche de la buse ne devra pas excéder 3%.

Dans la configuration 3, pour chaque section de mesure(*):

- la valeur de la flèche de la buse devra être comprise entre celles mesurées dans les configurations 1 et 2;

- le défaut de verticalité, défini comme ci-dessus, ne devra pas excéder 3%.

En cas de dépassement des valeurs définies ci-dessus, le maître d'oeuvre pourra refuser l'ouvrage et exiger sont remplacement, ou son déblaiement partiel ou total et la reconstruction des remblais.

* *Le CCTP pourra par ailleurs imposer, dans la configuration 3, des tolérances sur les dimensions absolues des ouvrages (gabarit dégagé notamment).*

ARTICLE 15 - CONTROLE DE L'ASPECT DE LA PAROI

L'examen visuel de la paroi de la buse ne devra révéler aucune cassure angulaire d'une plaque à l'autre, aucune inversion de courbure, ni aucune déformation ou aucun poinçonnement localisés.

ARTICLE 16 - EPREUVES (*)

* *Des épreuves ne sont à envisager que lorsque les charges d'exploitation représentent une fraction significative de la charge totale appliquée à l'ouvrage (faibles hauteurs de couverture). Le CCTP désignera les ouvrages qui donneront lieu à des épreuves, et définira les modalités de celles-ci.*

ANNEXE 1 - Calculs justificatifs des buses métalliques

Pour tenir compte de la corrosion du métal au cours de la durée de vie de l'ouvrage, certaines justifications seront conduites en attribuant à la tôle une épaisseur fictive de calcul e_c. Cette dernière est obtenue en retranchant de l'épaisseur nominale de la tôle e_o l'épaisseur e_s sacrifiée à la corrosion, déterminée suivant les indications du paragraphe 1.6 ci-dessous.

Dans ce qui suit, toutes les caractéristiques des tôles relatives à cette épaisseur fictive de calcul seront affectées de l'indice "c", alors que celles relatives à l'épaisseur nominale seront affectées de l'indice "o".

1 - JUSTIFICATIONS EN PHASE DEFINITIVE

1.1 - PRESSION APPLIQUEE A LA CLE

On prendra pour valeur de la pression de calcul P_s à la clé de la buse, sur l'ensemble de l'emprise de la chaussée, celle donnée par les formules suivantes, où h désigne la distance verticale la plus défavorable (la pression minimale est obtenue pour h = 1,80 m) entre la clé de la buse et le dessus de la chaussée(*):

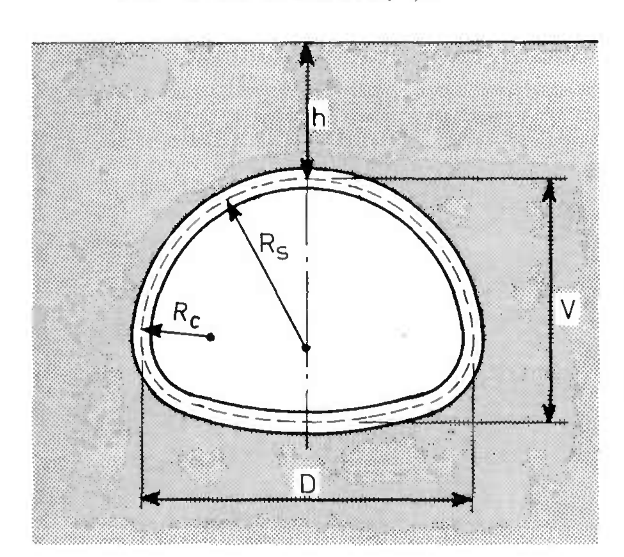


Figure 1

$$P_s = \frac{85}{h - 0,1} + 24\,h \qquad 0,30 \leq h \leq 1,80$$

$$P_s = \frac{115}{h + 0,5} + 24\,h \qquad 1,80 \leq h \leq 4,65$$

$$P_s = 27 + 23\,h \qquad 4,65 \leq h \leq 12,80$$

$$P_s = 14,2 + 24\,h \qquad 12,80 \leq h$$

P_s en kPa, h en m.

Elles ne peuvent être appliquées que pour des valeurs de "h" supérieures à:

. 0,1 D + 0,5 m pour $D \geq 2$ m
. 0,2 D + 0,3 m pour $D \leq 2$ m

* *Ces formules intègrent l'effet du poids des terres et celui des charges d'exploitation définies par les articles 4, 5, 8, 9 et 10 du fascicule 61 titre II du CPC. Des dispositions différentes ne devront être considérées que dans des cas très exceptionnels, tels que des remblais légers ou la présence de convois non couverts par les charges citées. On s'inspirera dans ces cas de la démarche exposée au § 4.3.1 des RECOMMANDATIONS.*

1.2 - ETAT-LIMITE ULTIME DE COMPRESSION DES PAROIS

La compression N dans la paroi de la buse considérée en tant que sollicitation, sera prise égale à la plus grande des deux valeurs suivantes:

$N = P_s.R_s$ — R_s : Rayon de courbure de l'axe neutre des plaques de sommet

$N = P_s \frac{D}{2}$ — D : Portée horizontale entre axes neutres

Pour les matériels circulaires comportant un joint hélicoïdal agrafé R_s sera remplacé par le rayon de courbure de l'hélice, soit $^{D}/_{(2\ \cos^2 i)}$ "i" étant l'angle compris entre la tangente à l'hélice et le plan perpendiculaire à l'axe de la buse.

La condition à satisfaire s'exprime par:

$R_p(e_c) \geqslant 3\ N$ pour les ouvrages ordinaires

$R_p(e_c) \geqslant 3{,}3\ N$ pour les ouvrages de grande importance

où $R_p(e_c)$ désigne la résistance à rupture en compression de la paroi sous son épaisseur de calcul e_c dans sa section la moins résistante (joint longitudinal ou pleine tôle).

La loi de variation de R_p en fonction de l'épaisseur "e" est donnée par les fiches techniques annexées au CCTP(*). Le fournisseur devra attester par écrit que le matériel fourni, tôles et boulons, correspond en tous points à celui décrit par la fiche.

Par ailleurs, compte tenu de la discontinuité des épaisseurs commercialisées, il sera toléré que la condition ci-dessus ne soit satisfaite que pour $R_p(e_o-0{,}9.e_s)$ au lieu de $R_p(e_c)$ (il est rappelé que $e_c=e_o-e_s$).

* *Voir § 2 du PRÉAMBULE*

1.3 - ETAT-LIMITE ULTIME D'INSTABILITE DE FORME

La valeur minimale du module d'élasticité E_s des remblais techniques généraux devant être obtenue à l'exécution pour garantir la sécurité vis-à-vis de cet état-limite s'exprime par(*):

$$E_s = k \sqrt{\frac{N^3}{E_a.I_c}} \quad \text{où} \quad k = 42 \Big/ \sqrt{\left(\frac{V}{D}\right)^3} \qquad (V/D \geqslant 0{,}6)$$

où V désigne la flèche entre axes neutres de l'ouvrage et $E_a.I_c$ la rigidité de la paroi sous son épaisseur de calcul e_c.

Pour les buses du type Super-Span, on vérifiera en outre que:

$E_s \geqslant 5{,}6\ k\ P_s$

* *Le CCTP pourra par ailleurs imposer, compte tenu des matériaux disponibles et des conditions d'exécution, une borne supérieure à la valeur de E_s (Voir § 4.3.2.2 des RECOMMANDATIONS).*

1.4 - JUSTIFICATION VIS-A-VIS DES ETATS-LIMITES DE SERVICE

On considère un état-limite de déformation de l'ouvrage, destiné à limiter les contraintes dans l'acier.

E_s conservant la même signification que ci-dessus, le critère de déformation s'exprime par:

$$E_s \text{ (MPa)} \geqslant 1{,}5\ v_0 (1 + \frac{h}{R_s})$$

où v_0 désigne la distance en centimètres de la fibre extrême à l'axe neutre pour l'épaisseur nominale de la tôle.

Dans le cas des buses-arches et des passages, le module minimal E_s' du sol en place ou à mettre en place au voisinage des plaques de coin est donné en fonction du module E_s calculé à l'aide de la formule ci-dessus par:

$$E_s' = \frac{R}{V - R} E_s \qquad R = \text{Sup}\ (R_s, \frac{D}{2})$$

Le volume de sol minimal devant posséder le module E_s' est défini par la figure 2 ci-dessous.

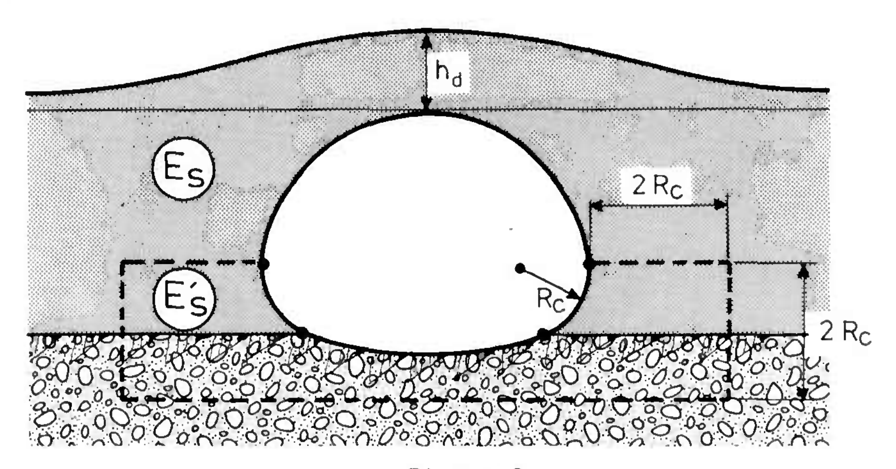


Figure 2

1.5 - PARTIES SOUS TALUS

Pour les parties d'ouvrages sous talus, lorsque la pente de ceux-ci est inférieure ou égale à 3/2 (3 horizontal, 2 vertical), on pourra adopter des tôles d'épaisseur décroissante(*) en effectuant les calculs dans toute section avec la hauteur "h" de remblai située à la verticale de la clé.

La justification de ces parties d'ouvrage sera conduite en respectant les règles complémentaires suivantes:

- le nombre d'épaisseurs différentes sera limité à trois sur un même ouvrage;
- à chaque interface, la diminution d'épaisseur devra être inférieure ou égale à 30%;
- dans toute section, la pression de calcul sera prise égale à celle donnée par les formules du paragraphe 5.21,a lorsque "h" est supérieure à 1,80 m et à 93,2 kPa dans le cas contraire;
- la note de calculs devra faire clairement apparaître la géométrie de référence des talus ayant permis de déterminer la longueur des différents tronçons.

* *Il est conseillé d'imposer l'utilisation d'une épaisseur unique lorsque l'avantage à attendre de la présente clause sur le coût de l'ouvrage reste minime.*

1.6 EPAISSEUR SACRIFIEE A LA CORROSION

Les réserves d'épaisseur à considérer sont données par les tableaux 1 (côté remblai) et 2 (côté atmosphère) ci-après.

L'épaisseur sacrifiée e_s à prendre en compte dans les justifications est la somme des épaisseurs e_r et e_a.

Tableau 1: réserve d'épaisseur d'acier e_r(mm) côté remblai.

Classification des ouvrages	ouvrages ordinaires	ouvrages de grande importance
Hors d'eau	0,50	0,75
En eau douce	0,75	1,00

Tableau 2: réserve d'épaisseur d'acier e_a(mm) côté atmosphère.

Teneur en SO_2 dans l'air (moyenne annuelle)	visitables	non visitables
$SO_2 < 0,1$ mg/m³	0,25	0,50
$SO_2 \geqslant 0,1$ mg/m³	0,50	0,75

2 - JUSTIFICATION EN PHASE DE CONSTRUCTION

Les justifications demandées consistent à vérifier que:

- les contraintes et les déformations dans le métal dues à la manutention et au remblaiement resteront admissibles;

- le passage des engins de chantier au-dessus de la buse n'entraînera pas de conséquences nuisibles pour celle-ci.

2.1 - CONTRAINTES SUBIES EN COURS DE REMBLAIEMENT

L'épaisseur nominale e_o de la tôle utilisée doit être, sur l'ensemble de l'ouvrage, telle que:

$$\frac{I_o}{v_o}(cm^3/m) \geqslant 6\ K\ D^3\left[\left(\frac{V}{D} - 0,6\right)^2 + 0,07\right] \qquad \left(\frac{V}{D} \geqslant 0,6\right)$$

où K désigne le coefficient de poussée des terres pour lequel on adoptera la valeur suivante:

$K = 0,6 - 0,05\ V$ pour $V \leqslant 6$ m.
$K = 0,3$ pour $V \geqslant 6$ m.

2.2 - DEFORMABILITE DES OUVRAGES

L'épaisseur nominale e_o de la tôle utilisée doit être, sur l'ensemble de l'ouvrage, telle que:

$E_a.I_o \geqslant 4\ DV$ $\quad E_a.I_o$ en kN.m²/m, D et V en m.

2.3 - PASSAGE DES ENGINS DE TERRASSEMENT

On devra s'assurer que l'épaisseur du dôme de protection est suffisante pour permettre la circulation des engins de terrassement.

Les conditions à vérifier s'expriment par:

$$h_d+a \geqslant \sqrt{\frac{8\ Q\ R_s}{R_p(e_o)}} \qquad \text{et} \quad h_d \geqslant \sup\left(\frac{D}{8}\ ;\ 0{,}50\ \text{m}\right)$$

où Q est la charge sur une roue, h_d la hauteur de remblai prise entre la clé de l'ouvrage et le fond des ornières prévisibles et "a" le côté d'un carré de même surface que l'impact d'une roue. $R_p(e_o)$ désigne la résistance à la compression de la paroi sous son épaisseur nominale e_o(*).

* *Voir § 1.2 "état-limite ultime de compression des parois".*

ANNEXE 2 - Modes opératoires

MODE OPERATOIRE N° 1

MESURE DE LA RESISTIVITE DU MATERIAU DE REMBLAI A SATURATION

1 - PRINCIPE

La résistivité est mesurée après la saturation en eau du matériau de remblai. Le sol asoumis à l'essai est d'abord écrété à 25 mm, puis placé dans une boîte standard(*) en matériau isolant à trois compartiments (fig. 1 et 2). La saturation en eau est obtenue lorsque le niveau de l'eau se stabilise au niveau de la surface du sol.

On mesure la résistance électrique R du volume de sol et l'on en déduit, en utilisant les caractéristiques géométriques de la boîte (section S, longueur du volume de sol L), la résistivité exprimée en Ω .cm:

$$\rho = R \frac{S}{L}$$

* *Brevet LCPC*

2 - METHODES ET MATERIELS

Il est possible de déterminer la résistance du matériau de remblai par deux méthodes utilisant deux matériels différents.

2.1 - MESURE EN COURANT CONTINU

La cellule de mesure est en matériau isolant (matière plastique incassable et transparente, si possible), de forme parallélépipédique à section carrée S (100 mm x 100 mm), elle est munie de deux électrodes d'alimentation séparant les deux compartiments "eau" du compartiment "sol" central, et de deux électrodes de mesure placées dans le compartiment "sol" et délimitant le volume de sol testé. Les électrodes sont en acier inoxydable (type 18-10). Les électrodes d'alimentation sont des plaques percées à leur partie inférieure de trous de faible diamètre permettant le passage de l'eau seule. Les électrodes de mesure sont des cadres ne perturbant pas le champ électrique créé par les électrodes d'alimentation. Les distances entre les deux électrodes de mesure sont de 200 mm et entre une électrode d'alimentation et une électrode de mesure de 50 mm (fig. 1). Le volume des compartiments "eau" doit être inférieur au dixième du volume total de la cellule.

Le dispositif de mesure comporte une alimentation en courant continu (pile, batterie...), un milliampèremètre et un voltmètre (gamme de 1 V à 10 V) (fig. 2). De la résistance R = V/I de l'élément de sol de longueur L, on déduit sa résistivité:

$$\rho = R \frac{S}{L}$$

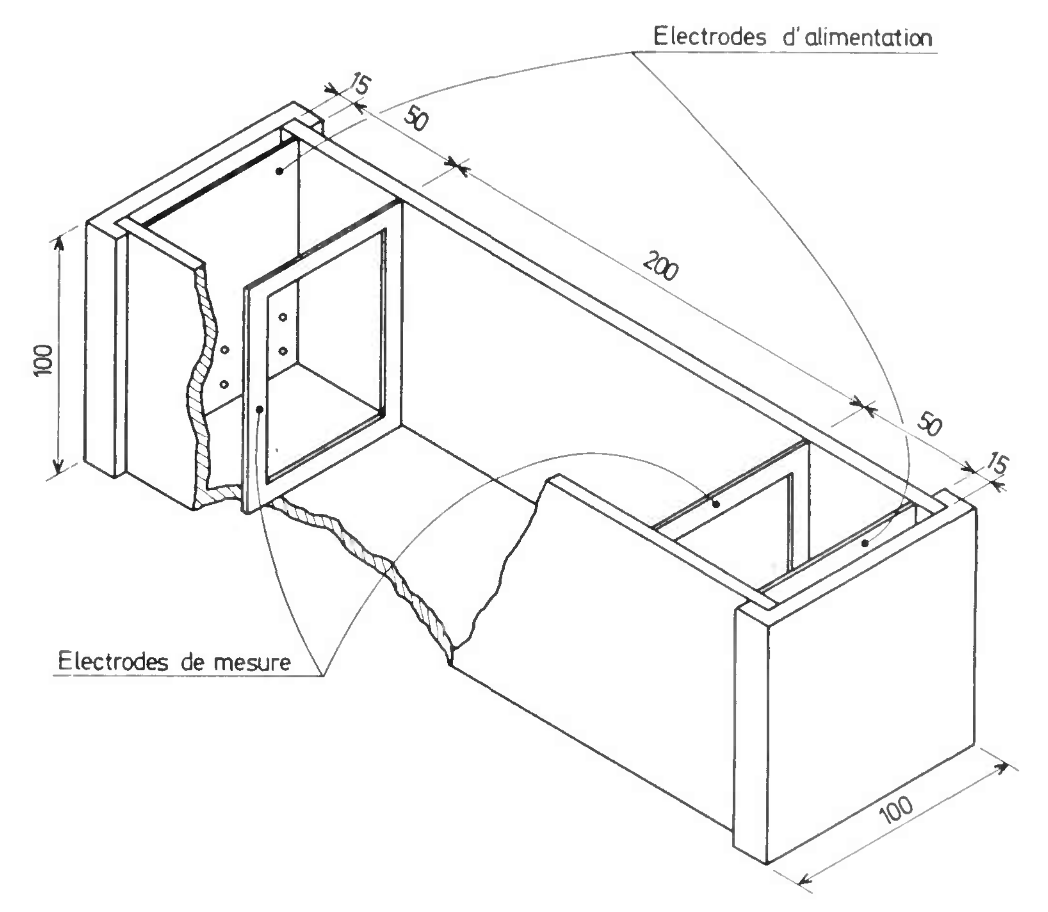


Figure 1 - Cellule de résistivité pour la mesure en courant continu (dimensions en millimètres)

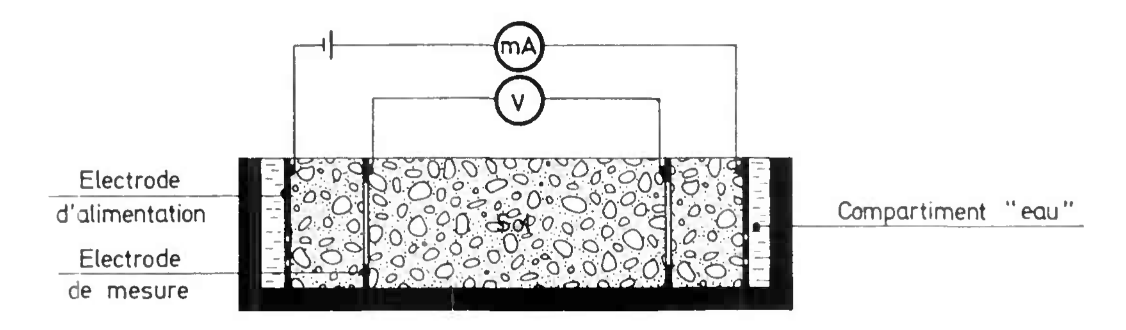


Figure 2 - Dispositif pour la mesure en courant continu

2.2 - MESURE EN COURANT ALTERNATIF

Il est possible, en utilisant une alimentation à fréquence moyenne (1000 Hz), de déterminer la résistivité des matériaux de remblai avec une cellule ne comportant que deux électrodes. La boîte possède les mêmes caractéristiques générales que la précédente (fig. 3).

La mesure s'effectue à l'aide d'un pont de Kohlrausch (fig. 4) (pont de Wheastone en courant alternatif) possédant des gammes de 10 Ω à 1 M Ω . La lecture donne directement la résistance R du compartiment "sol". d'où l'on déduit la résistivité. Cette méthode est adaptée à des mesures sur chantier.

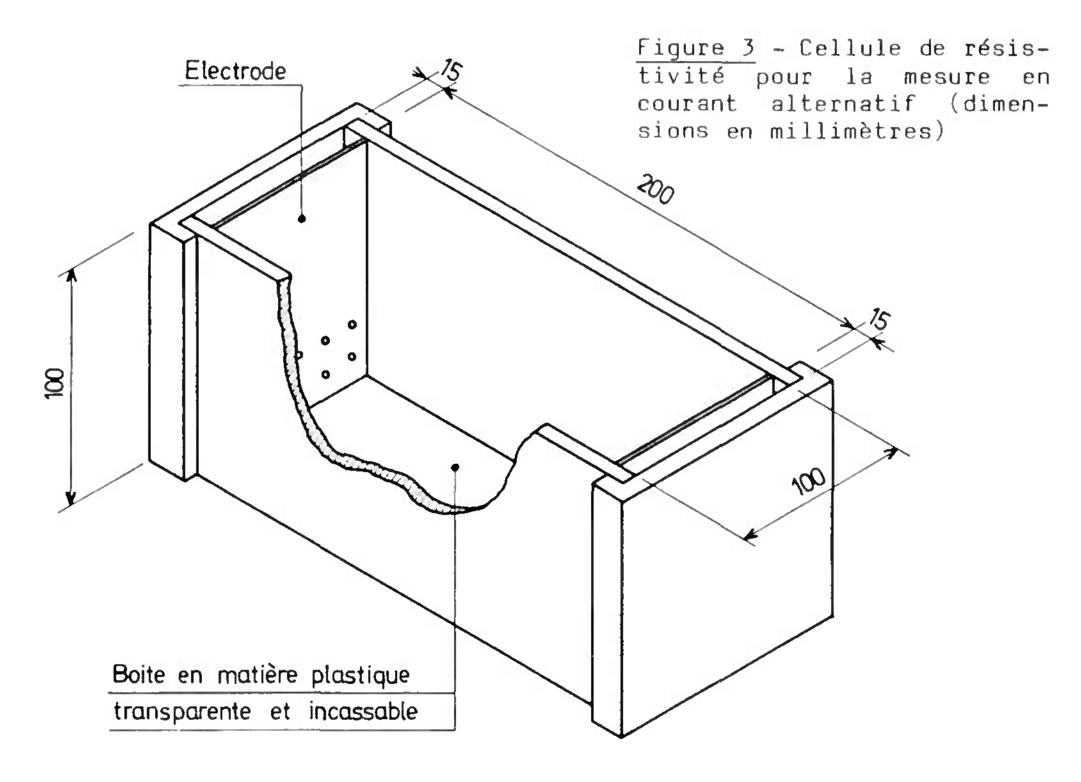


Figure 3 - Cellule de résistivité pour la mesure en courant alternatif (dimensions en millimètres)

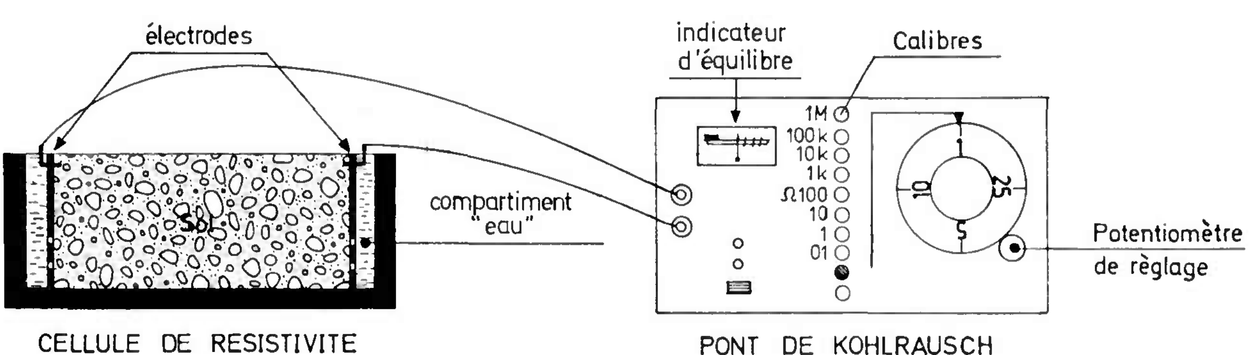


Figure 4 - Dispositif pour la mesure en courant alternatif

3 - MISE EN OEUVRE

La boîte est lavée puis rincée avec une eau distillée ou permutée, de résistivité supérieure à 0,2 MΩ.cm (cette valeur doit être contrôlée dans la boîte elle-même). Le sol écrêté à 25 mm est placé dans le compartiment central par couches successives compactées jusqu'au niveau supérieur de la cellule.

On verse doucement l'eau distillée ou permutée sur le sol ainsi que dans les deux compartiments "eau" jusqu'à atteindre le niveau supérieur de la cellule dans les trois compartiments, ce qui correspond à la saturation.

Par convention, on adopte la valeur de la résistivité mesurée après une heure de saturation à 20°C. Pour des températures différentes, on effectue une correction de température en utilisant la formule empirique suivante, valable pour des températures comprises entre 5 et 30°C:

$$\rho_{20^\circ C} = \frac{\rho_t \, (20 + t)}{40}$$

où 't' est la température (en °C).

MODE OPERATOIRE N° 2

EXTRACTION PAR L'EAU DES SELS SOLUBLES PRESENTS DANS LES MATERIAUX DE REMBLAI

Les déterminations du pH et des concentrations en sels solubles des matériaux de remblai s'effectuent sur la solution obtenue par lavage de ces matériaux, selon la procédure suivante:

- écrêter le matériau à 25 mm (ne jamais le broyer);
- déterminer la teneur en eau initiale w_0 en % de l'échantillon étudié;
- prélever une masse M de sol correspondant à un kilogramme de sol sec, soit:

$$M = \frac{1}{1 - (w_0/100)} \times 1 \text{ kg}$$

- placer cette masse dans un récipient propre de dimension suffisante (2 à 5 litres) muni d'un système de fermeture;
- ajouter un litre d'eau distillée ou permutée (de résistivité supérieure à 0,2 MΩ.cm);
- agiter le mélange sol-eau pendant 2 mn au début, laisser reposer 45 mn, agiter à nouveau 2 mn et laisser reposer 15 mn;
- décanter, centrifuger et filtrer (sur papier) environ 200 cm^3 de solution qui serviront pour les mesures.

MODE OPERATOIRE N° 3

DETECTION DES SULFURES PRESENTS DANS LES MATERIAUX DE REMBLAI

1 - GENERALITES

La recherche des sulfures totaux s'effectue sur le matériau écrêté à 2 mm. On attaque les sulfures par un acide fort et on caractérise l'hydrogène sulfuré formé.

En cas de présence de sulfures, leur dosage sera effectué par un laboratoire compétent.

2 - RECHERCHE QUALITATIVE DES SULFURES

Dans un tube à essai contenant au moins 5 grammes d'échantillon, ajouter quelques gouttes d'eau distillée ou permutée et 1 ml d'acide nitrique concentré. Boucher l'orifice du tube à essai par un morceau de papier filtre imbibé d'acétate de plomb, chauffer légèrement. Si le papier se colore en brun, l'échantillon contient des sulfures.

MODE OPERATOIRE N° 4

MESURE DE LA TENEUR EN MATIERES ORGANIQUES

1 - PRINCIPE

La teneur en matières organiques est exprimée en teneur pondérale de carbone organique, définie comme étant la différence entre la teneur en carbone total et la teneur en carbone minéral.

2 - MODE OPERATOIRE

- écrêter le sol à 2 mm;
- homogénéiser;
- sur trois prises de quelques grammes, effectuer une pyrolise à 1000°C sous courant d'oxygène, doser le CO_2 obtenu, puis exprimer le résultat moyen en carbone total;
- sur trois autres prises du matériau, déterminer la teneur en carbone minéral selon la méthode définie par le projet de norme P.15.512 (Analyses minéralogiques des sols argileux. Eyrolles, pages 58 à 60) et exprimer la valeur moyenne obtenue en carbone minéral, la différence entre les deux valeurs moyennes donne la teneur en matières organiques.

MODE OPERATOIRE N° 5

CONTROLE D'ADHERENCE DES REVETEMENTS OBTENUS PAR GALVANISATION

ESSAI DE QUADRILLAGE

1 - DESCRIPTION

Cet essai consiste à graver la surface du revêtement de zinc à l'aide d'un outil (figure 1) pour obtenir un quadrillage à mailles carrées. Les rayures doivent atteindre le métal de base.

Le pas de ce réseau est égal à 3 mm (à 0,5 mm près), le nombre de rayures parallèles étant de 5 par direction (figure 2). Cet essai sera pratiqué en flanc d'onde, à plus de 10 mm des bords.

2 - INTERPRETATION

L'adhérence est jugée mauvaise lorsque les carrés de revêtement délimités par le réseau se décollent.

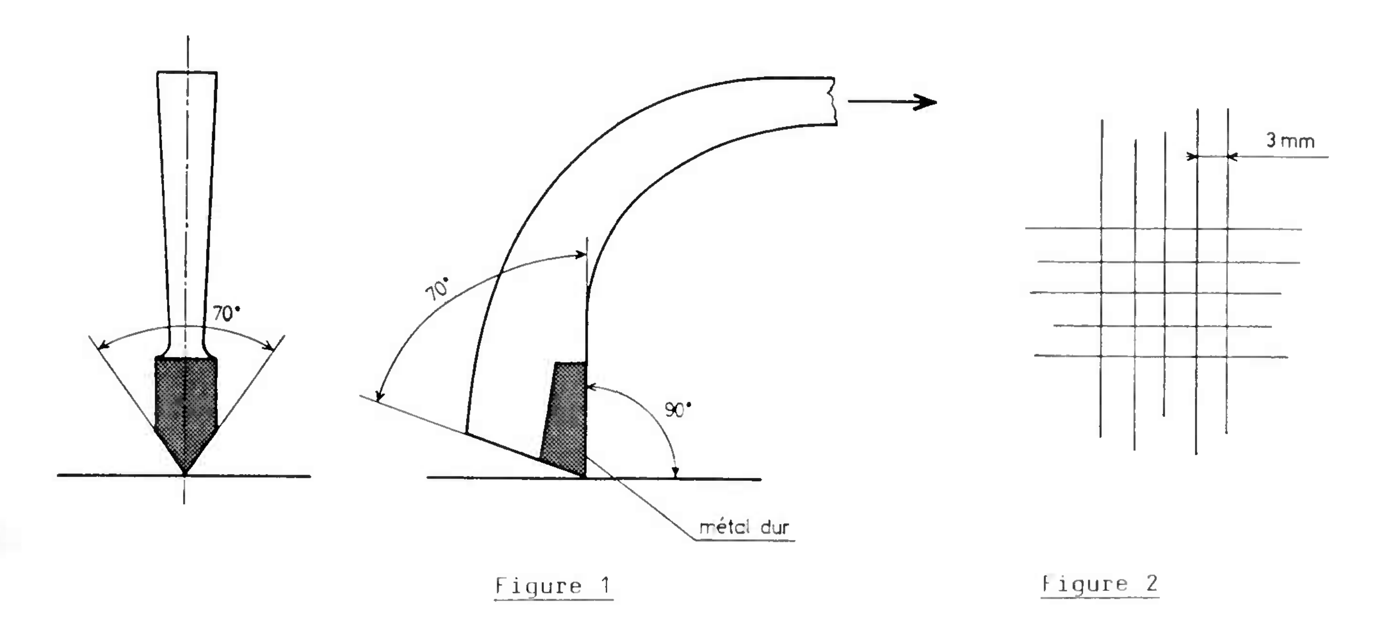
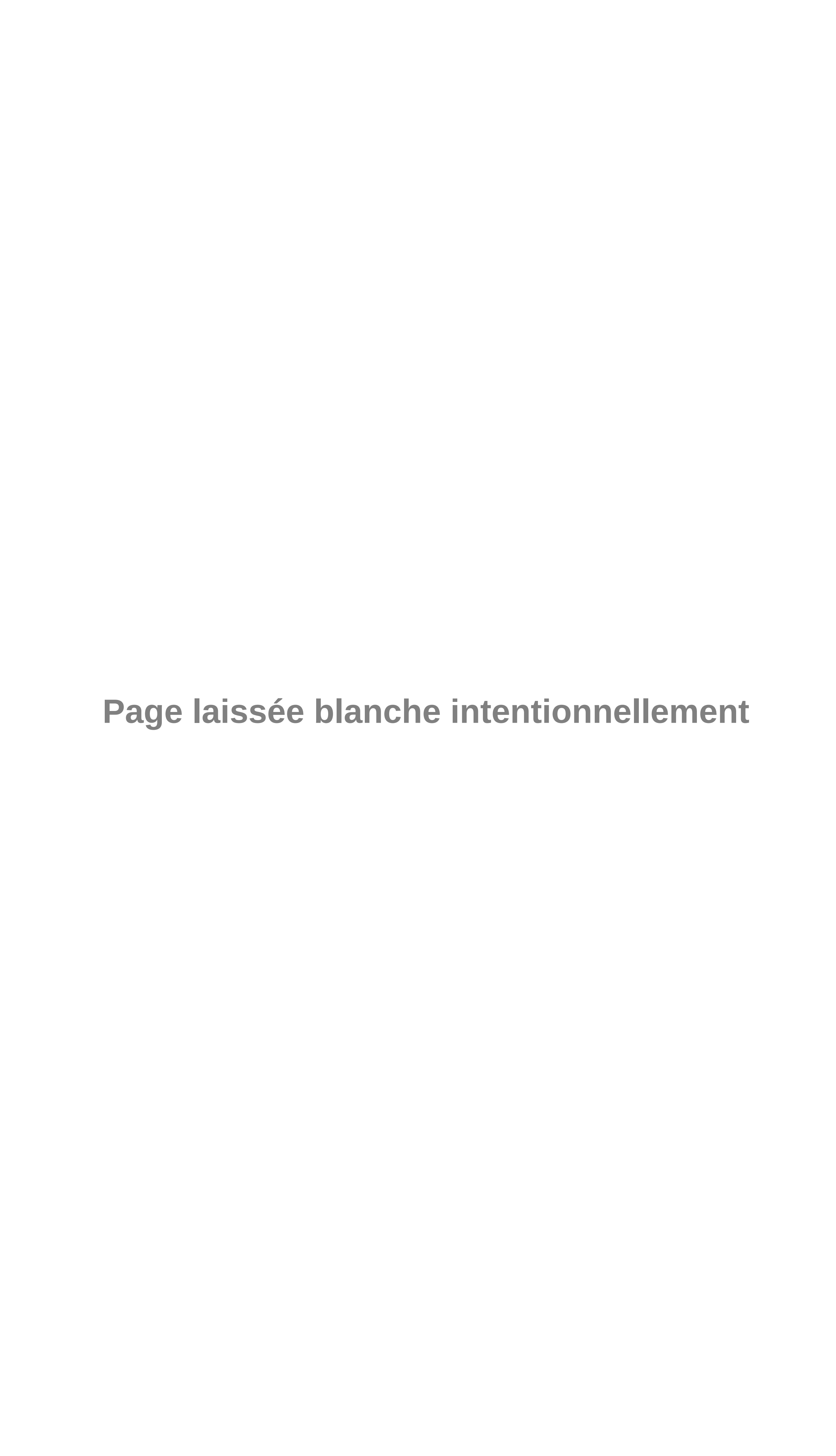
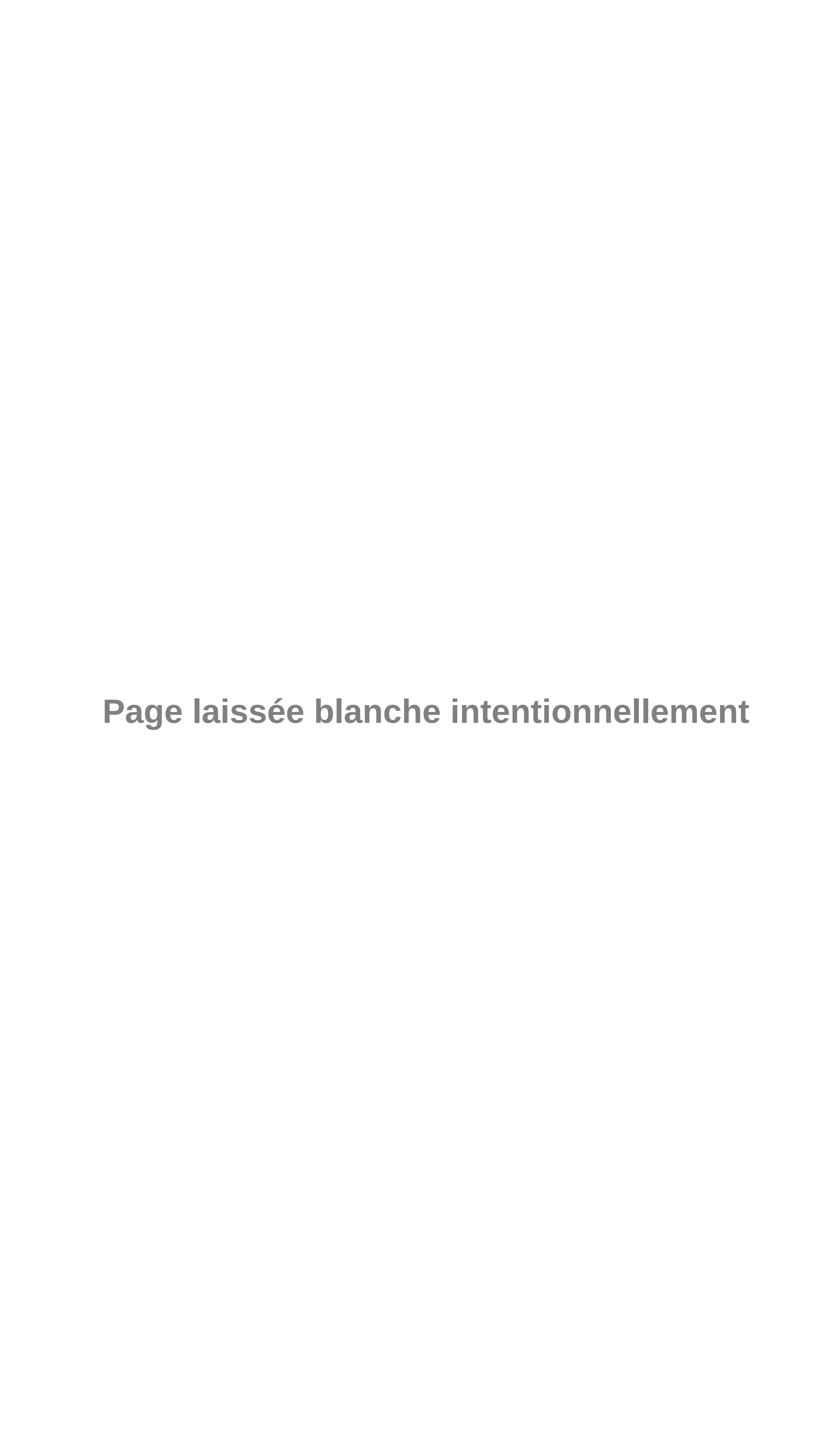


Figure 1

Figure 2

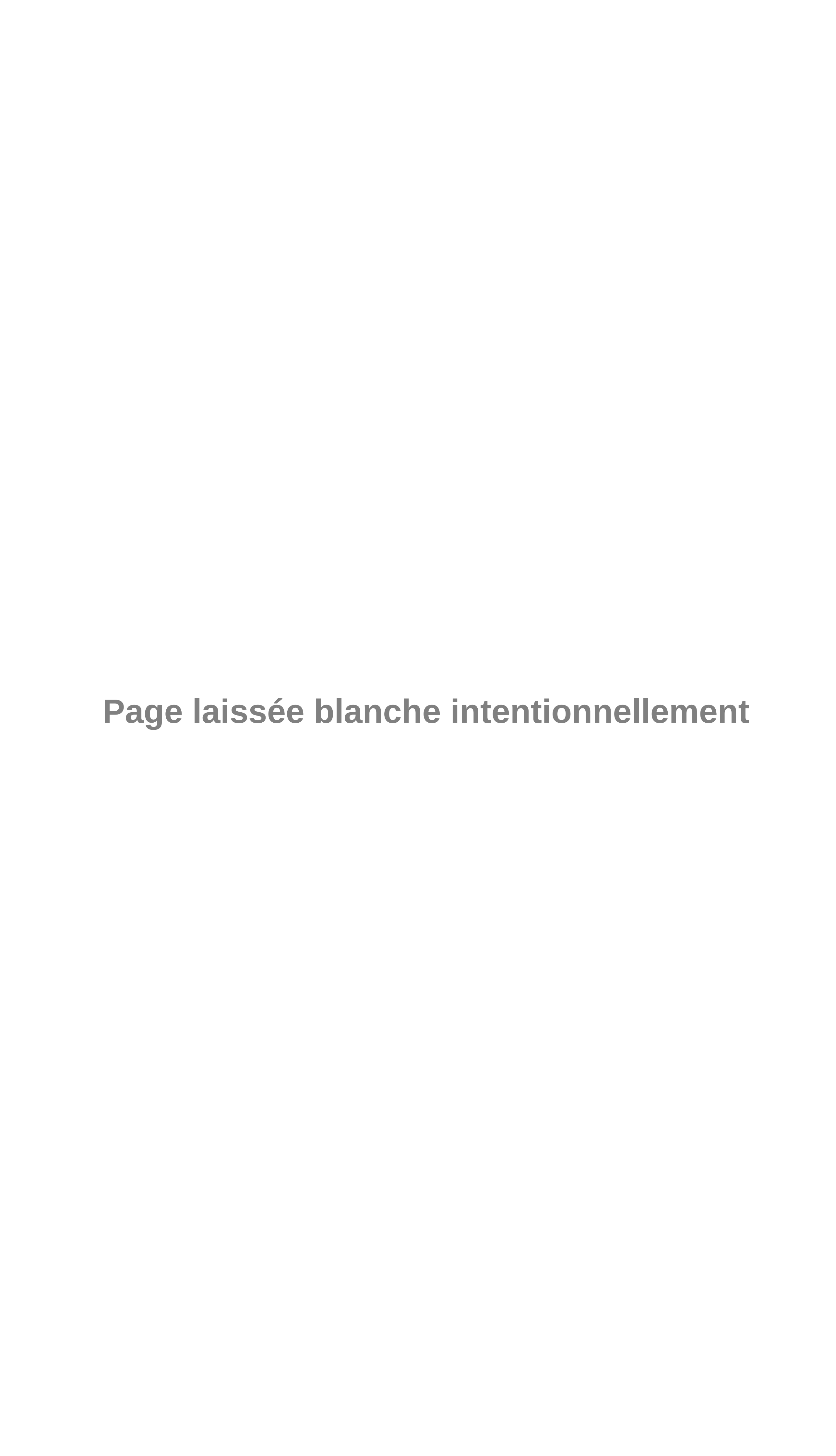


Page laissée blanche intentionnellement



Page laissée blanche intentionnellement

Page laissée blanche intentionnellement



Page laissée blanche intentionnellement

F 8218